



## Protection des culs de sac contre les explosions par arrêts barrages déclenchés

Pierre Roux, Christophe Proust

### ► To cite this version:

Pierre Roux, Christophe Proust. Protection des culs de sac contre les explosions par arrêts barrages déclenchés. Journée technique CdF, Jun 1995, Hombourg-Haut, France. ineris-00971940

**HAL Id: ineris-00971940**

**<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00971940>**

Submitted on 3 Apr 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

JOURNEES TECHNIQUES CDF  
DU 7 JUIN 1995

**PROTECTION DES CULS DE SAC  
CONTRE LES EXPLOSIONS  
PAR ARRETS BARRAGES DECLENCHEES**

P. ROUX - C. PROUST  
INERIS

## **I/ ETAT DE L'ART**

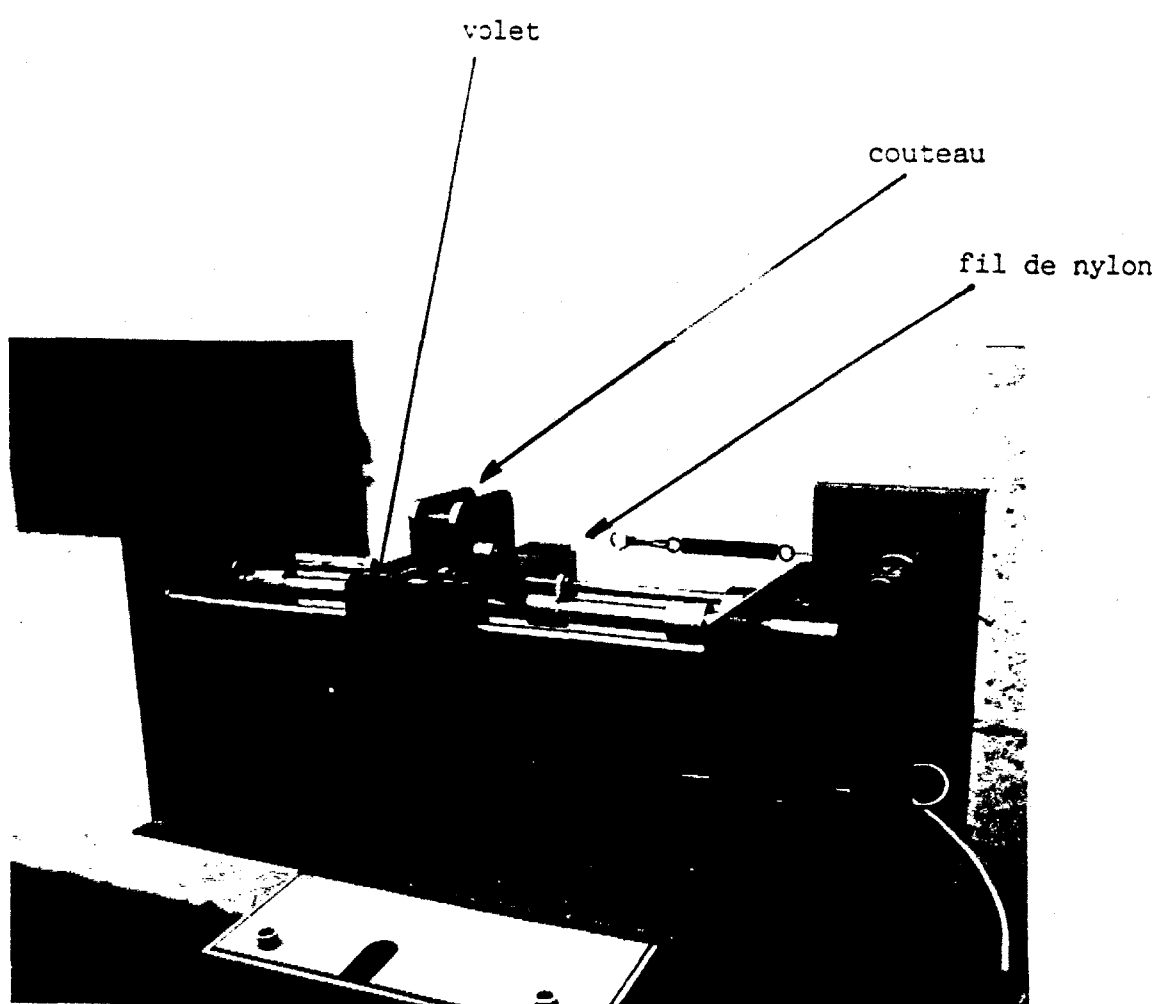
La finalité de cette étude est l'examen des performances des arrêts-barrages déclenchés pour lutter contre la propagation des explosions en mines, particulièrement dans le contexte de travaux de creusement mécanisé en cul de sac. Le système étudié ; l'arrêt-barrage déclenché de conception belge, est constitué d'un organe de commande, le déclencheur (figure 1), capable de fonctionner sur les effets thermique ou mécanique de l'explosion d'une ligne de transmission et d'éléments d'extinction, les disperseurs (figures 2, 3). Pour ce dispositif, l'agent extincteur est de l'eau.

Après l'arrêt de la fabrication du dispositif par le constructeur belge PRB fin 1990, la Société Française DAVEY BICKFORD a repris, début 1991 la fabrication du matériel nécessaire à la réalisation des travaux expérimentaux de la recherche.

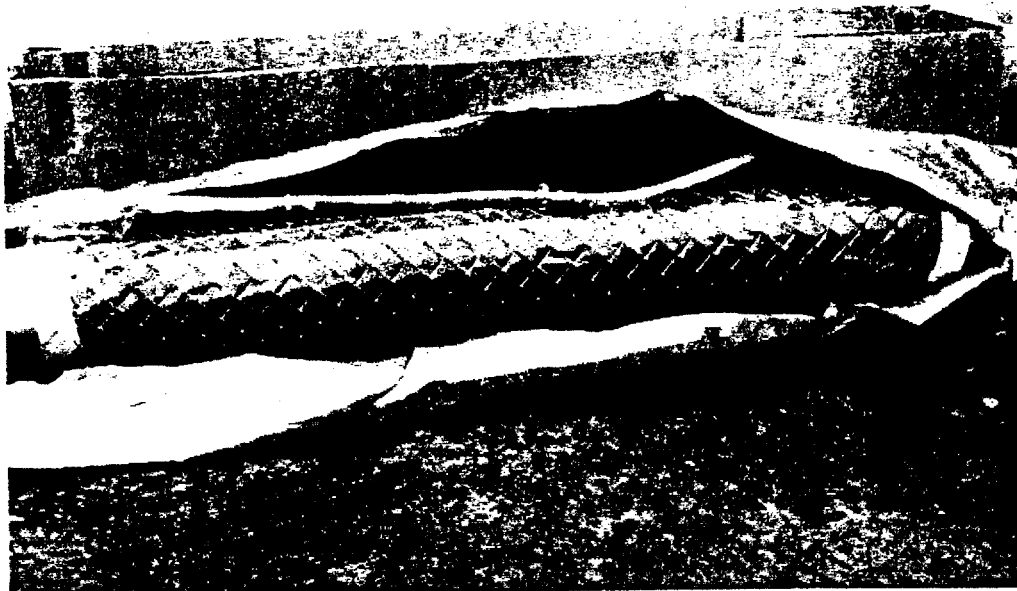
De précédents travaux, dont une étude réalisée en 1990 ont permis, dans le cas d'explosions de violence moyenne (inflammation d'un bouchon homogène de grisou) de déterminer l'évolution de l'efficacité du dispositif lorsque la distance entre le premier disperseur et le front augmente et de dégager les premières règles d'installation des arrêts-barrages déclenchés.

La présente étude a permis dans le cas d'explosions de violence faible, d'examiner l'efficacité du dispositif et de donner à l'issue des travaux des critères d'implantation, pour la protection des voies en cul-de-sac par A.B.D.

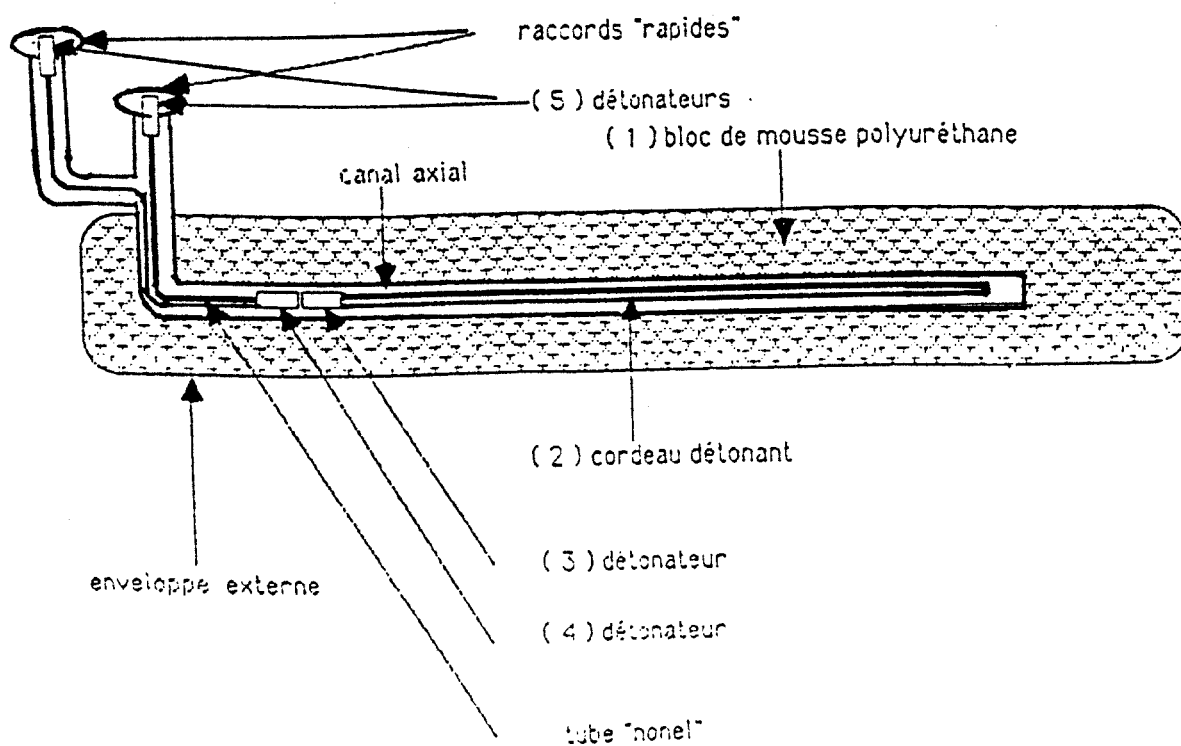
Dans le contexte de l'étude, une explosion de violence moyenne est une explosion dont l'accélération de la flamme se situe entre 60 et 100 m/s<sup>2</sup>, une explosion de violence faible est une explosion dont l'accélération de la flamme se situe entre 10 et 30 m/s<sup>2</sup>.



**Figure 1** : photographie d'un déclencheur thermomécanique



**Figure 2 : photographie d'un disperseur**



**Figure 3 : schéma en coupe d'un disperseur de l'ABD  
(sans représentation du circuit électrique)**

## **II./ OBJECTIFS**

Les objectifs particuliers à cette étude sont de compléter les connaissances disponibles sur la variation de l'efficacité en fonction de la violence de l'explosion (au plan de la détection et de l'extinction), et de mettre en place des moyens de modélisation permettant d'élargir les conclusions expérimentales et de les adapter aux situations réelles de la mine.

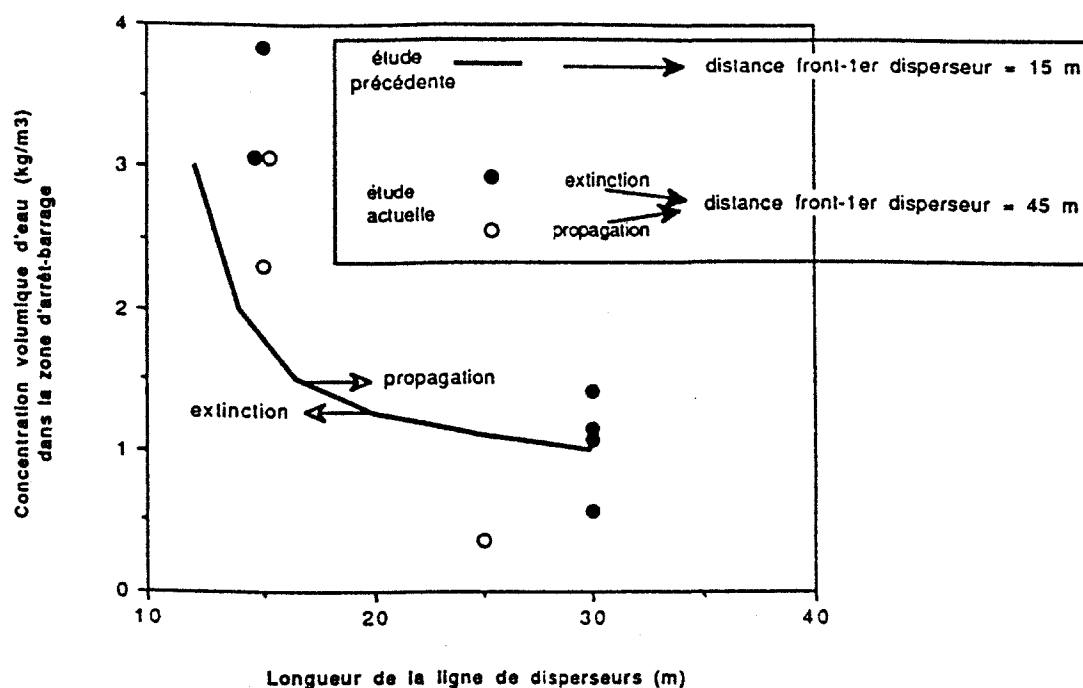
## **III./ ORGANISATION DE L'ETUDE (METHODOLOGIE)**

Pour examiner l'efficacité de l'ABD vis-à-vis de l'extinction, quelques expériences préliminaires ont été effectuées afin de compléter les travaux de l'étude réalisée en 1990 avec des explosions de violence moyenne et de lever les ambiguïtés relatives à l'influence de la position de la ligne de disperseurs par rapport au front (figure 4).

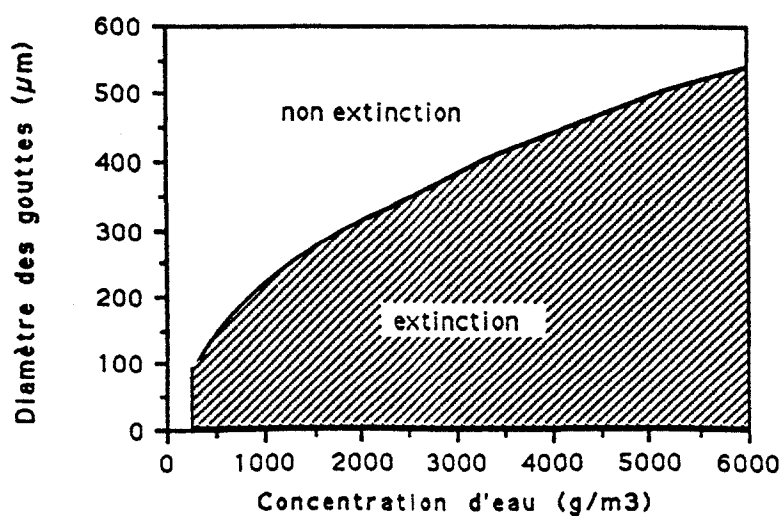
Des expériences ont ensuite été réalisées avec des configurations d'ABD similaires et des explosions à démarrage particulièrement lent (amorçage du coup de poussières par la flambée d'une nappe de grisou), correspondant aux violences d'explosions minimales qu'on peut observer.

Une partie significative de cette étude a été consacrée au développement et à la mise au point d'un logiciel de simulation du fonctionnement et de l'efficacité d'un ABD dans une galerie en cul-de-sac.

Pour développer cet outil, deux aspects ont été étudiés, d'une part la production d'un nuage de gouttelettes d'eau sous l'effet de l'éclatement des disperseurs et du souffle de l'explosion, et d'autre part, l'extinction d'une flamme dans un mélange inflammableensemencé de gouttelettes d'eau. Ce second point a été abordé théoriquement et une tentative de vérification expérimentale a été effectuée. Il s'est agit d'exploiter des études théoriques récentes et de confronter les résultats obtenus à ceux d'une expérimentation que nous avons conçue. Le dispositif expérimental utilisé est un brûleur à l'intérieur duquel est disposé un système d'injection de gouttelettes d'eau. Le mélange combustible est composé de méthane et d'air en proportions stoechiométriques. Les résultats expérimentaux obtenus semblent conformes aux tendances données par les modèles de calcul et montrent que l'approche théorique donne une représentation convenable du processus d'extinction et qu'en particulier, la quantité d'eau nécessaire pour éteindre les flammes dépend considérablement de la taille des gouttelettes (figure 5).



**Figure 4 : efficacité de l'ABD/résultats obtenus par C. PROUST - J. POSTIC (étude de 1990)**



**Figure 5 : domaine d'extinction**

Un logiciel destiné à simuler la formation du nuage de gouttelettes issu d'un arrêt-barrage déclenché sous l'effet d'une explosion dans une galerie en cul-de-sac a été développé (figure 6). Pour cela, les principaux phénomènes physiques mis en jeu ont été modélisés : le développement de l'explosion (souffle et propagation de la flamme, la pulvérisation de l'eau injectée par les disperseurs, la dispersion des gouttelettes sous l'effet de la diffusion turbulente et le primage\* de l'eau déposée sur les parois). Le logiciel permet, à un instant donné, de connaître le profil de concentration d'eau du nuage issu de l'arrêt-barrage dans les conditions de l'expérience et pour le dispositif étudié, et la position du front de flamme dans la galerie. Il est alors possible de déterminer le lieu de l'éventuelle extinction de la flamme.

La comparaison des simulations et des résultats expérimentaux disponibles a montré que la modélisation retenue est tout-à-fait satisfaisante et a permis de mettre en évidence l'incidence de la position du déclencheur dans la section de la galerie sur l'instant de déclenchement.

Pour préparer les essais avec les nappes au toit, des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel afin de connaître approximativement les caractéristiques de l'arrêt-barrage capable d'arrêter la flamme pour le type d'explosion considérée.

La réalisation d'essais avec des explosions à démarrage lent provoquées par la combustion de nappes au toit (explosions de violence faible), a nécessité la mise au point de conditions expérimentales spécifiques permettant une bonne reproductibilité des explosions.

La source d'explosion est une nappe au toit de  $15 \text{ m}^3$  de méthane de 70 cm d'épaisseur. Il est apparu que la violence de l'explosion dépend étroitement des paramètres de constitution de la nappe (vitesse d'injection du grisou, durée de la diffusion...) et de l'énergie de la source d'inflammation.

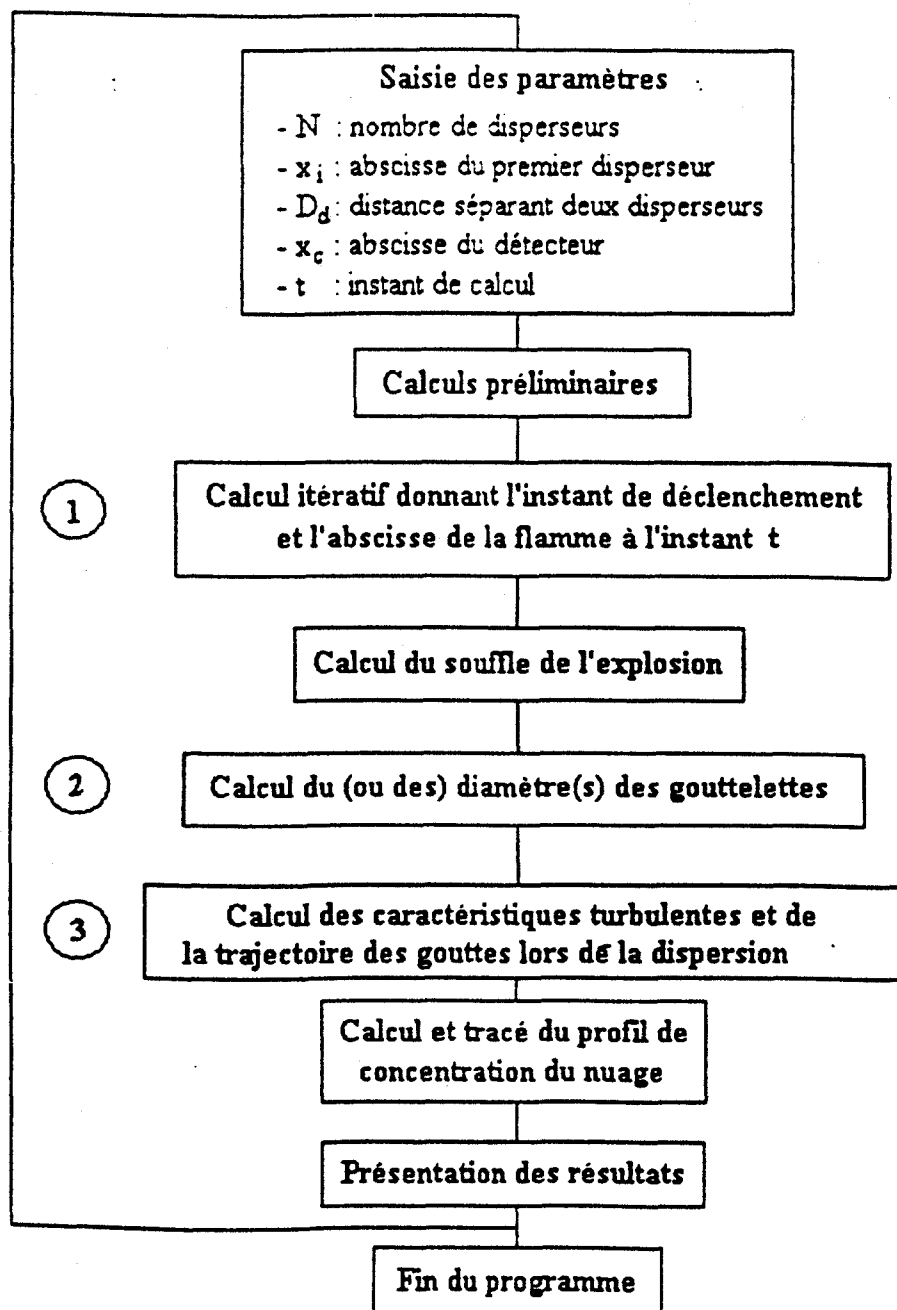
Par ailleurs, nous avons montré qu'une accélération minimum de la flamme de  $10 \text{ m}^2/\text{s}$  était nécessaire pour obtenir la propagation de l'explosion de poussières.

Au moyen des travaux préalables de modélisation de l'extinction et de détermination des conditions d'explosion, le programme expérimental avec nappe au toit a été réduit à un nombre minimal d'essais.

---

\* primage : atomisation de l'eau sous l'effet du "souffle" de l'explosion





**Figure 6 : organigramme du logiciel**

#### IV./ RESULTATS

Les principaux résultats obtenus pour les expériences en galerie montrent que (tableaux 1 et 2 en annexe) :

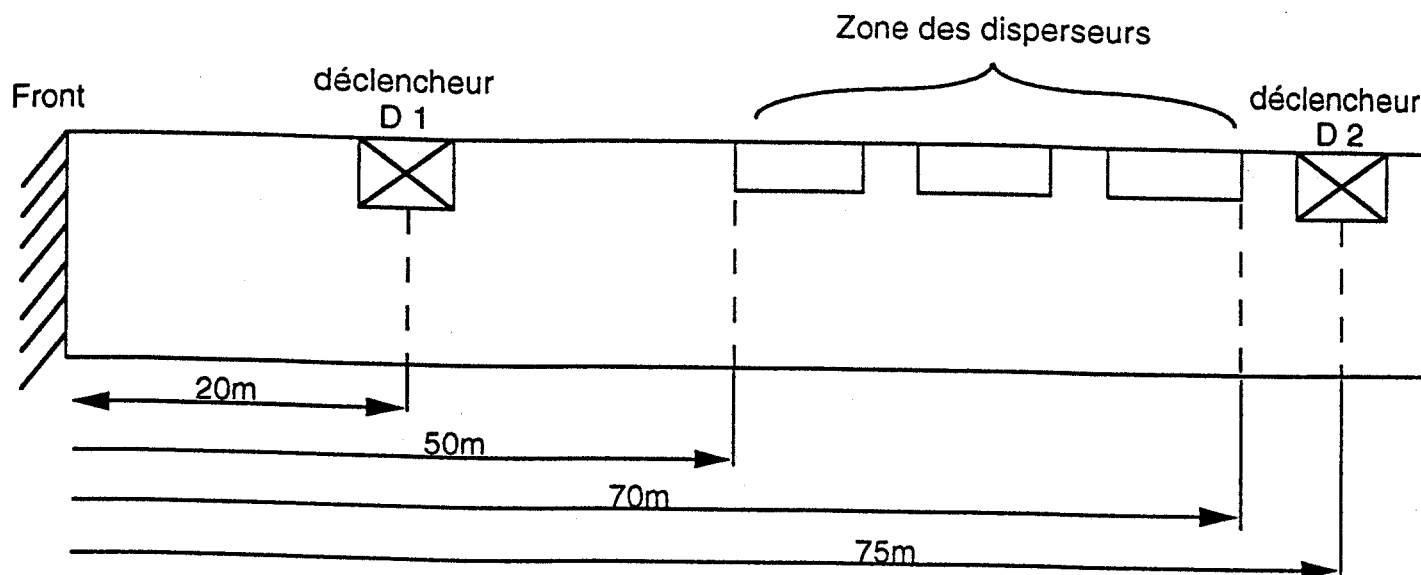
*- à propos du déclenchement de l'ABD*

. le déclenchement dynamique de l'organe de commande (déclencheur) n'est pas bien adapté à la protection par un ABD de la zone voisine du front (80 premiers mètres) dans le cas d'explosions de violence faible (amorçage du coup de poussières par une flambée de nappe de grisou).

*Dans ces conditions d'explosion, un déclenchement thermique satisfaisant du point de vue de l'efficacité de l'arrêt-barrage déclenché peut être obtenu à condition de placer le déclencheur dans la zone de développement de l'explosion de gaz initiale soit tout près du front (une dizaine de mètres) (figure 7),*

. le déclenchement dynamique de l'organe de commande (déclencheur) obtenu pour les explosions de violence moyenne (amorçage du coup de poussières par un bouchon homogène) dépend de son positionnement dans la section de la galerie (figure 8). En effet, si le déclencheur est installé près de la paroi dans la "couche limite", le déclenchement est susceptible de se produire pour des pressions dynamiques au centre de la section beaucoup plus grandes que 10 mb (seuil de fonctionnement des déclencheurs). Il a été observé que la pression dynamique au moment du déclenchement au centre de la section peut être de l'ordre de 40 à 50 mb. La fiabilité du déclenchement dynamique dépend donc de la position du déclencheur par rapport aux parois de la galerie.

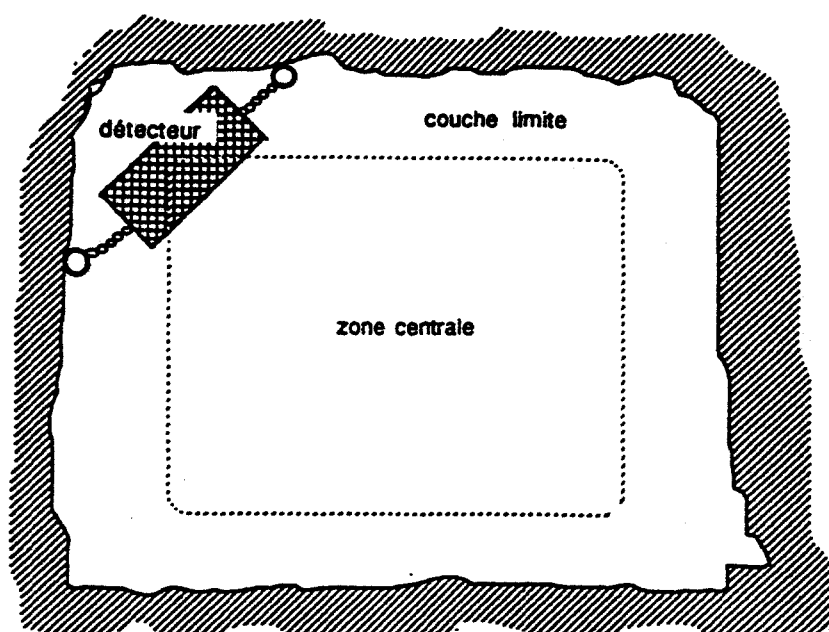
*Dans ces conditions d'explosion, un déclenchement dynamique satisfaisant du point de vue de l'efficacité de l'arrêt-barrage déclenché peut être obtenu à condition de placer le déclencheur à plus de 40 mètres du front, après la zone de disperseurs.*



* Déclenchement thermique				
Accélération flamme	Flamme sur D1	Déclenchement D1	Position flamme au déclenchement	Position flamme quand nuage efficace
10 m/s <sup>2</sup>	2 s	2.5 s	30 m	55 m
100 m/s <sup>2</sup>	0,6 s	1.1 s	60 m	85 m
=> Déclenchement thermique adapté aux explosions de violence faible				

* Déclenchement mécanique (déclenchement pour Vfl = 40 m/s --> P = 10 mbar)				
Accélération flamme	Déclenchement D2	Position flamme pour V flamme de 40m/s	Position flamme au déclenchement	Position flamme quand nuage efficace
10 m/s <sup>2</sup>	4 s	80 m	--	--
100 m/s <sup>2</sup>	0,4 s	8 m	9 m	42 m
=> Déclenchement mécanique adapté aux explosions de violence modérée				

**Figure 7 : efficacité au plan de la détection**



**Figure 8 : position du déclencheur dans les essais**

- à propos de l'efficacité de l'ABD vis-à-vis de l'extinction.

- les paramètres d'installation de la ligne de disperseurs permettant d'obtenir l'extinction de la flamme pour des explosions de violence moyenne (amorçage du coup de poussières par un bouchon homogène) et pour des explosions de violence faible (amorçage du coup de poussières par une nappe au toit), sont les suivants (figure 9) :

- la longueur de la ligne de disperseurs doit être supérieure à 15 mètres,
- pour des longueurs de ligne de disperseurs de 15 m et 30 m, il faut, pour obtenir l'extinction, 1 à 2 kg/m<sup>3</sup> dans les cas d'installation les plus défavorables (premier disperseur à 15 m du front).

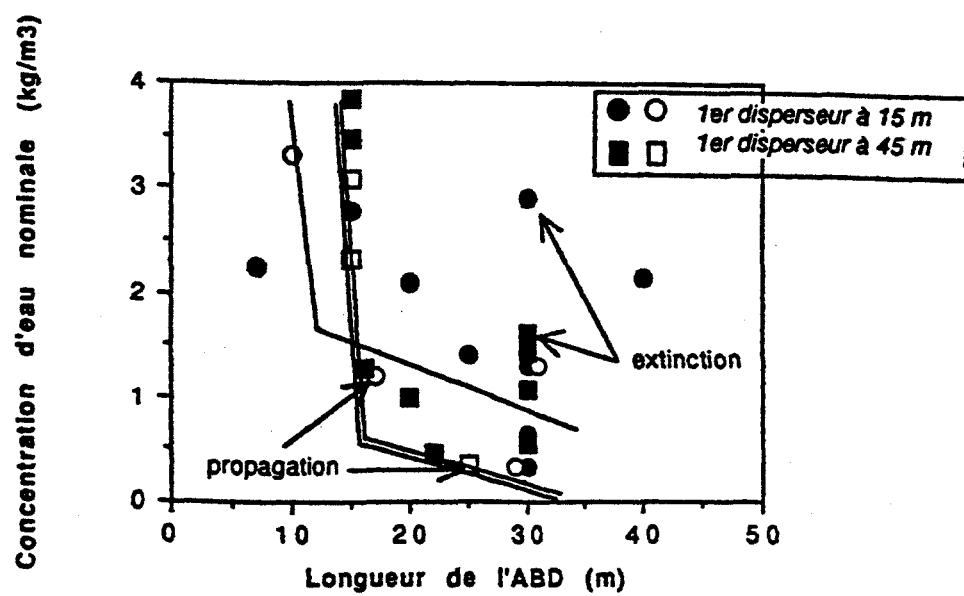
Les travaux de cette étude, complétés par quelques études spécifiques complémentaires notamment sur la position du déclencheur par rapport aux parois de la galerie, vont servir de support à la définition de règles d'installation de l'arrêt-barrage déclenché pour la protection des voies en cul-de-sac cadrées, afin de répondre aux nouvelles dispositions de la réglementation française en matière de lutte contre les explosions en mine souterraine.

## V./ REMARQUE

Pour ce qui concerne la protection des voies quadrangulaires larges (cas de l'UE Provence des HBCM), les travaux démarrés dans le cadre de cette étude sur l'examen de l'efficacité de l'arrêt-barrage déclenché dans cette configuration, ont dus être ajournés à la suite d'anomalies constatées dans le comportement à la température des enveloppes extérieures équipant les disperseurs "industriels". Cette étude particulière sera poursuivie, dès qu'un matériel satisfaisant sera disponible, dans le cadre des travaux français de la recherche CECA démarrée en 1995 et consacrée à la lutte contre les explosions.

Pour l'instant, l'efficacité de l'ABD étudié (DAVEY BICKFORD) n'a été constatée qu'aux conditions de températures de la galerie d'essais (15°C environ).

*Il reste donc à mettre au point un matériel satisfaisant, fonctionnant dans le domaine des températures des chantiers profonds (températures pouvant atteindre 28 à 29°C).*



**Figure 9 :** graphe extinction-non extinction

- ANNEXE -

Numéro d'essai	Instant de détection du passage de la flamme (ms) (1) aux abscisses suivantes (repérées par rapport au fond de la galerie en mètres)										tdD (ms) (2)		tdD-tFD (3) (ms)				Pdymax vue par les déclencheurs (mb)
	5	15	35	60	75	90	105	125	140		Actif	Passif	32 m	46 m	75 m	94 m	
1828 **	960	1718	2592	3427	4051	4396	4636	4828	4934		5414	2745	+ 350		+ 1350		5
1829	652	1881	2611								?	?	--		--		5
1834	0	820	1723	2947	3643	4003	4353	4747	5097		4142	1937	+ 200		+ 500		10-15
1835	0	1113	2112								2256	?	+ 250				7
1836 **	0	1498	2650								32 (a)	75 (a)	+ 250				6-8
1837	0	1574	2573								2803	-	+ 300				20
1838	0	537	1421	2649							32 (c)	75 (b)		+ 1350			6-8
1839	324	1142	2227	2688	3005	3264	3470	3696	2854		2611	2817		+ 100		- 50	22

TABLEAU 1 : Résultats des expériences

(1) l'instant Oms correspond à l'instant d'activation du dispositif de mise à feu de la nappe de grisou

(2) tdD est l'instant de déclenchement du déclencheur

(3) tFD est l'instant de passage de la flamme au droit du déclencheur

(\*) fonctionnement des déclencheurs :

(a) pas d'information sur le déclenchement

(b) pas de déclenchement

(c) déclenchement thermique

(d) déclenchement dynamique

(\*\*) essai 1828 → deux disperseurs n'ont pas fonctionné

essai 1836 → pas de cokéfaction après essai



Numéro d'essai	Vitesses moyennes de propagation de la flamme (m/s) entre les abscisses suivantes								Pst max (mbars) à l'abscisse 5 m
	5 et 15 m	15 et 35 m	35 et 60 m	60 et 75 m	75 et 90 m	90 et 105 m	105 et 125 m	125 et 140 m	
1828	13	11	30	24	43	62	104	141	124
1829	8	27							78
1834	11	22	20	21	38	43	51	43	170
1835	10	20							126
1836	9	15							106
1837	10	20							200
1838	11	23	20						82
1839	12	18	54	47	58	73	88	95	150

Tableau 2 : Résultats des expériences (suite)